

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2002年7月4日 (04.07.2002)

PCT

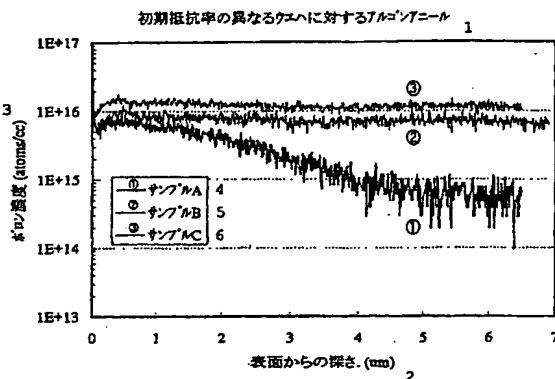
(10) 国際公開番号  
WO 02/052632 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/324  
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/11256  
(22) 国際出願日: 2001年12月21日 (21.12.2001)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願 2000-389777  
2000年12月22日 (22.12.2000) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コマツ  
電子金属株式会社 (KOMATSU DENSHI KINZOKU  
KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒254-0014 神奈川県  
平塚市 四之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 Kanagawa (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 裕司  
(SATO, Yuji) [JP/JP]; 〒254-0014 神奈川県 平塚市 四  
之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内  
Kanagawa (JP). 芳野 史朗 (YOSHINO, Shirou) [JP/JP];  
〒254-0014 神奈川県 平塚市 四之宮 3 丁目 2 5 番  
1 号 コマツ電子金属株式会社内 Kanagawa (JP).  
古川 弘 (FURUKAWA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒254-0014  
神奈川県 平塚市 四之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 コマ  
ツ電子金属株式会社内 Kanagawa (JP). 松山 博行  
(MATSUYAMA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒254-0014 神奈川  
県 平塚市 四之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 コマツ電子金属  
株式会社内 Kanagawa (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF HEAT TREATMENT OF SILICON WAFER DOPED WITH BORON

(54) 発明の名称: ボロンドープされたシリコンウエハの熱処理方法



- 1... ANNEALING OF WAFERS HAVING  
DIFFERENT RESISTIVITIES IN ARGON  
2... THICKNESS FROM SURFACE (μm)  
3... BORON CONCENTRATION (atoms/cc)  
4... SAMPLE A  
5... SAMPLE B  
6... SAMPLE C

(57) Abstract: A method of subjecting a silicon wafer doped with boron to a heat treatment in an argon atmosphere, wherein said argon atmosphere is replaced by a hydrogen atmosphere or a mixed gas of an argon gas and a hydrogen gas in a proper fashion, to thereby uniformize the boron concentration in the thickness direction in the surface layer of the silicon wafer doped with boron.

(57) 要約:

ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理をするにあたって、当該熱処理の初期段階において、当該アルゴン雰囲気を適宜水素雰囲気或いは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」に切り換えることによって、前記ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図る。

BEST AVAILABLE COPY

WO 02/052632 A1



(74) 代理人: 木村 高久, 外(KIMURA, Takahisa et al.); 〒 添付公開書類:  
104-0043 東京都 中央区 湊 1 丁目 8 番 1 1 号 千代ビ — 国際調査報告書  
ル 6 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## ボロンドープされたシリコンウエハの熱処理方法

## 技術分野

本発明は、ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理をするにあたって、ウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図るのに有効な方法に関する。

## 背景技術

チョクラルスキー（CZ : Czochralski）法で育成した無転位単結晶シリコンインゴットから切り出されるシリコンウエハには、一般的に、COP（Crystal Originated Particle）という結晶欠陥が観察される。ここで、COPは、インゴットの成長過程で導入されるボイド（void）欠陥に起因するものであり、シリコンウエハの表面に露出してピットとなったり、露出はしていなくてもシリコンウエハの表層に存在すると（すなわちCOPがデバイス活性領域に含まれていると）、ゲート酸化膜耐圧の不良、リーク特性不良といったようなデバイス特性の不良を招く要因となる。

このようなことから、シリコンウエハの表面に露出し若しくは表層に存在しているCOPを除去するために、水素雰囲気あるいはアルゴン雰囲気等の非酸化性雰囲気下、1200℃程度の高温で熱処理（アニール）を施すことが行われている（例えば、特開昭58-85534号公報、特開平4-167433号公報）。

実際に、このような熱処理（アニール）を施すことにより、ウエハ表層の酸素が外方拡散されることとなり、シリコンウエハの表面に露出し若しくは表層に存在しているCOPが低減され、或いは消失する。

しかしながら、ボロン（Boron）をドーパントとするシリコンウエハを水素雰囲気アニール処理すると、酸素のみならず、ウエハ表層のボロンが外方拡散されてしまい、ウエハ表層部付近の抵抗率が、当初に想定したものとは異なってしまうという問題がある。

これに関し、特開平10-144698公報には、かかる発明者達が、ボロンを含有するシリコンウエハをアルゴン雰囲気アニール処理した場合に、ボロンは殆ど外方拡散せず、酸素のみが選択的に外方拡散されることを見い出したことに基づき、ボロン含有シリコンウエハをアルゴン雰囲気アニール処理することにより、ボロン分布を殆ど変化させない方法が開示されている。

しかしながら、特開平10-144698公報に係る発明はあくまでエピタ

キシャル成長の前処理として行われるものであって、また、この発明では、実際には、ウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の十分な均一化を図ることはできない。

#### 発明の開示

本発明は以上のような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、ボロンがドーピングされたシリコンウエハに対しても、ウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の十分な均一化を図るということを達成することができる方法を提供することにある。

以上のような目的を達成するために本発明者らが鋭意研究を行った結果、ボロンドープされたシリコンウエハにアルゴンアニールを行うと、ボロンがドーピングされたシリコンウエハの場合には、ウエハ深さ方向のボロン濃度については、シリコンウエハのウエハ表層のボロン濃度が一時的に上昇してから、それが徐々に低下していくという現象が観察された。

また、アルゴンアニールについて言えば、それを行った場合には表層付近における深さ方向のボロン濃度がフラットになるということが言われており、実際にボロン濃度がフラットなものであるとして商業的に流通しているものもあるが、そのようなものでも、実際にはウエハ表層のボロン濃度が一時的に上昇してから、それが徐々に低下していくという現象が観察された。

そして、かかるボロン濃度の一時的な上昇現象に対して、水素アニールによるボロン濃度低減効果をうまく適用することによって、ウエハ表層に存在する余分なボロンを除去し、ウエハ表層における深さ方向のボロン濃度をフラットにしてからアルゴンアニールを行うようにすることによって、シリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにすることができるということを見出し、本発明を完成するに至った。

因みに、本発明者らは、上記のようなシリコンウエハのウエハ表層におけるボロン濃度の一時的な上昇は、熱処理炉への投入前に何らかの原因でシリコンウエハに付着して来るボロンに起因しているのではないかと考えている。

より具体的には、本発明は以下のようなものを提供する。

(1) ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理を行うにあたって、当該アルゴン雰囲気を適宜水素雰囲気或いは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」に切り換えることによって、熱処理後の「ボロンドープされたシリコンウエハ」のウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図る方法。

なお、上記の「ウエハ表層」というのは、基本的にはウエハ表面から 5  $\mu\text{m}$  の範囲内、より好ましくは 10  $\mu\text{m}$  の範囲内を想定している。

(2) ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理を行うにあたって、当該熱処理の初期段階において、当該アルゴン雰囲気を適宜水素雰囲気或いは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」で当該熱処理を行うことによって、当該熱処理を行う前の段階でボロン汚染されたシリコンウエハの表面より当該ボロン汚染を除去してから、その後の熱処理をアルゴン雰囲気下で行うことを特徴とするシリコンウエハの熱処理方法。

非酸化性雰囲気下の熱処理の初期段階において行われる、適宜水素雰囲気或いは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」での熱処理は、ウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図るためのものである。

なお、「当該熱処理の初期段階」というのは、シリコンウエハの熱処理の最初の時期からということ（最初から熱処理炉に水素を流して熱処理を行い、暫く経過してからアルゴンに切り換えて熱処理を行うような場合）と、シリコンウエハの熱処理の初期の所定の期間ということ（最初は熱処理炉にアルゴンを流し、暫くしてから水素に切り換えて熱処理を行い、その後再びアルゴンに切り換えて熱処理を行うような場合）の両方を含む概念である。このような段階で水素熱処理を行うことにより、ウエハ表層に存在する余分なボロンが除去され、ウエハ表層における深さ方向のボロン濃度がフラットにされてからアルゴンアニールが行われることになる。そして、アルゴンアニールでは、ウエハ表層における深さ方向のボロン濃度がフラットにされた状態が維持されることとなるので、本発明によれば、結果的に、表層における深さ方向のボロン濃度がフラットなシリコンウエハを得ることができることになる。

(3) 前記「アルゴンガスと水素ガスの混合気」は爆発限界以下の濃度で水素ガスを含む「アルゴンガスと水素ガスの混合気」であることを特徴とする

(1) または (2) 記載の方法

(4) ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにするように水素ガスを添加してアルゴンアニールを行う方法。

「ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにするように水素ガスを添加」するというのは、例えば「アルゴンアニールの初期の段階で水素を添加して水素熱処理を行うようにすること」である。

この場合において、初期段階における水素熱処理は、例えば800℃～1200℃の間で行うようにすることができる。この場合において、例えば、熱処理炉を昇温している最中において、800℃未満で水素熱処理を行った場合（例えば、300℃で水素を添加して、300℃～500℃で水素アニールを行ってから、500℃でアルゴン雰囲気に切り換えたような場合）には、水素アニ

ールによるウエハ表層からのボロンの除去効果が遅くなることから実用的ではない。この一方で、例えば、熱処理炉を昇温している最中において、 $1200^{\circ}\text{C}$ を越えたあたりで水素熱処理を行うようにした場合（例えば、 $1210^{\circ}\text{C}$ で水素を添加して、 $1210^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ で水素アニールを行ってから、 $1300^{\circ}\text{C}$ でアルゴン雰囲気下に切り換えたような場合）には、 $1200^{\circ}\text{C}$ に至るまでの間にアルゴンアニールがなされてしまうことになり、これによってアルゴンアニールの効果が先行してしまい、本発明が意図するような水素アニールによるボロン除去効果が十分に機能しない可能性がある。

なお、このような条件は、水素が100パーセントの状態で行った場合とアルゴンとの混合ガスで行った場合、或いは水素アニールの時間等によって異なるが、水素の爆発限界である4パーセントの場合でも、 $800^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ の温度であれば本発明を実施することができる。また、水素が100パーセントの状態で行った場合には、 $800^{\circ}\text{C}$ 未満の温度でも本発明を実施することができ、水素熱処理時間も短くなる。

いずれにしても、本発明に係る「初期段階での水素熱処理」の条件は、得ようとしているウエハや装置の状態等を総合的に勘案して決定されることになる。

(5) シリコンウエハの表面に付着しているボロンを利用して、ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにしながら、前記「ボロンドープされたシリコンウエハ」を非酸化性雰囲気下で熱処理をする方法。

「非酸化性雰囲気下」というのは、水素雰囲気下或いはアルゴン雰囲気下のように、シリコンウエハの表層付近のCOPを消滅させるために使用される一般的な非酸化性雰囲気下で行われることを意味する。

(6) 「ボロンドープされたシリコンウエハ」のウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにするために水素ガスもしくは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」を使用する方法。

(7) 前記「前記ボロンドープされたシリコンウエハ」は、ボロンが非高濃度にドープされたシリコンに係るシリコンウエハである(1)から(6)記載の方法。

本発明で言う「非高濃度」というのは、ボロン濃度について、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{atoms/cm}^3$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{15} \text{atoms/cm}^3$ 以下、更に好ましくは $1 \times 10^{14} \text{atoms/cm}^3$ 以下である。

(8) 前記「前記ボロンドープされたシリコンウエハ」は、ボロンが非高濃度にドープされたシリコンに係るシリコンウエハであって、(1)から(5)いずれか記載の方法を使用することによって製造されたシリコンウエハ。

(9) ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理を

行うにあたって、当該熱処理を行う前の段階においてシリコンウエハの表面がボロンで汚染された場合には、当該アルゴン雰囲気における熱処理の初期段階で水素もしくは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」で熱処理を行うことによって、熱処理後の「ボロンドープされたシリコンウエハ」のウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図る方法。

このように、アルゴン雰囲気における熱処理の初期段階で水素もしくは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」で熱処理を行うことによって、シリコンウエハのウエハ表面からボロン汚染が除去され、ウエハ表面がクリーニングされた状態でアニールが行われることとなる。そして、この場合においては、ウエハ表面がクリーニングされた後に、ボロンの外方拡散が少ない環境であるアルゴン雰囲気下でアニールが行われることとなり、ウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化が図られることとなる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、ボロンドープされたシリコンウエハの初期抵抗率が異なるものについて、アルゴンアニールを施したときのウエハ深さ方向のボロン濃度の変化を示すグラフである。

図2は、ボロンドープされたシリコンウエハの初期抵抗率が異なるものについて、水素アニールを施したときのウエハ深さ方向のボロン濃度の変化を示すグラフである。

図3は、非高濃度にボロンドープされたシリコンウエハのアルゴンアニールを行うにあたって、熱処理時間を一定（1時間）にして、熱処理温度を1100℃、1150℃、1200℃と変化させた場合の結果を示すグラフである。

図4は、アルゴンアニールを行うにあたって、熱処理温度を一定（1150℃）にして、熱処理時間を1時間、4時間、8時間と変化させた場合の結果を示すグラフである。

図5は、アルゴンアニールを行った場合に、熱処理の初期段階で水素を添加したときのボロン濃度分布を、アルゴンのみで処理した後のボロン濃度分布と水素のみで処理した後のボロン濃度分布と共に示したグラフである。

図6は、初期段階における水素添加濃度が100%で、水素添加が行われた際の熱処理の温度が800℃のときのボロン濃度分布を示すグラフである。

図7は、初期段階における水素添加濃度が4%で、水素添加が行われた際の熱処理の温度が800℃のときのボロン濃度分布を示すグラフである。

図8は、初期段階における水素添加濃度が100%で、水素添加が行われた際の熱処理の温度が1000℃のときのボロン濃度分布を示すグラフである。

図9は、初期段階における水素添加濃度が4%で、水素添加が行われた際

の熱処理の温度が1000℃のときのボロン濃度分布を示すグラフである。

図10は、初期段階における水素添加濃度が100%で、水素添加が行われた際の熱処理の温度が1200℃のときのボロン濃度分布を示すグラフである。

図11は、初期段階における水素添加濃度が4%で、水素添加が行われた際の熱処理の温度が1200℃のときのボロン濃度分布を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について説明する。まず、図1は、「ボロンドープされたシリコンウエハ」の初期抵抗率が異なるものについて、アルゴンアニールを施したときのウエハ深さ方向のボロン濃度の変化を示すグラフであり、図2は、「ボロンドープされたシリコンウエハ」の初期抵抗率が異なるものについて、水素アニールを施したときのウエハ深さ方向のボロン濃度の変化を示すグラフである。

なお、ボロン濃度の検出はSIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy) によって行った。

因みに、この実施の形態では、シリコンウエハは、径が200mmの(100)面に成長をさせたp型ボロンドープシリコンウエハを使用した。かかるp型ボロンドープシリコンウエハの酸素濃度は $10.0 \sim 15.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ であり、抵抗率は $1 \sim 30 \Omega \cdot \text{cm}$ であった。

これらの図1中のサンプルAに示されているように、高濃度でないボロンがドープされたシリコンウエハ（非高濃度にボロンがドープされたシリコンウエハ）にアルゴンアニールを施した場合には、ウエハ深さ方向のボロン濃度については、ウエハ表層におけるある一定の場所においてボロン濃度が一時的に上昇してから、それが徐々に低下していくという現象が観察される。なお、これについては、アニール温度及びアニール時間に関わらず、このような現象が起こることが本発明者らによって確認されている。

一方、図2に示されるように、水素アニール後では、ボロンが外方拡散することにより、表層濃度が減少するということが、一般的には、よく知られている。

しかしながら、図1に示されるように、アルゴンアニールでは、表層のボロン濃度分布がフラットな場合もあるが、多くは表層でボロン濃度が上昇するのである。これに関し、アルゴン雰囲気中の熱処理でボロンが外方拡散しにくいということ自体は特開平10-144698号公報で説明されているが、ボロン濃度が上昇する現象に関してはその理由が不明であったのである。



このようなことから、本発明者らは、表層におけるボロン濃度上昇の原因を明らかにする手がかりを得るために、処理温度・時間を変化させてアルゴンアニールを実施したのである。その結果、全ての水準で表層のボロン濃度が上昇するものの、高温・長時間ほど表面近傍の濃度が下がり、内部側へ高濃度に拡散していることがわかったのである（図3及び図4）。

このことは、熱処理中にウエハ外部から常時ボロンの供給があるわけではなく、アルゴンアニール投入前段階で既に付着したボロンが内部へ拡散したことを示唆している。この一方で、水素アニールによって表層ボロン濃度が低下する理由としては、表面に付着したボロンが、アニール中に水素と反応して除去され、表層のボロンがウエハ外方への拡散を起こすからであると推定している。

そこで、アルゴンアニールを実施する上で、1200℃保持の前段階のある時点で、表層に付着しているボロンを脱離せしめるように水素あるいは水素含有ガスを添加し、この後アルゴンに切り替えて処理することにより、均一なボロン分布が得られるのではないかと考え、以下のような実験を行い、所望の結果を得た。

#### ・第1の実施例

水素或いは水素含有ガス（アルゴン希釈）への切替のタイミングを表1のように行い、それぞれの温度で24分間保持した後、1200℃にてアルゴンアニールを継続した。

使用したウエハは直径200mm P型（ボロンドープ）抵抗率10-20( $\Omega \cdot \text{cm}$ )である。

（表1）

CZウエハ 直径200mm P型 抵抗率:10~20( $\Omega \cdot \text{cm}$ )

水準	水素添加温度(℃)	添加水素比率(%)
1	800	100
2	800	4
3	1000	100
4	1000	4
5	1200	100
6	1200	4

アニール後のSIMS分析結果の一例を図5に示す。この図5においては、比較のために、アルゴンのみで処理した後のボロン濃度分布と水素のみで処理した後のボロン濃度分布を示している。この図5に示されるように、熱処理の初期段階で水素添加を行ったアルゴンアニールでは、表層のボロン濃度が均一化しているということがわかる。

次に、初期段階における水素添加濃度が4%と100%の場合のそれぞれに

ついて、水素添加が行われた際の熱処理の温度を800℃、1000℃、1200℃と変化させたときのボロン濃度分布を調べた。その結果を図6～図11に示す。

この図6～図11から得られる結果を纏めると以下のようになる。

1) アルゴンアニールを実施するにあたり、高温保持の前段階で水素ガスを添加することにより、表層のボロン濃度上昇を抑制出来た。

2) 水素ガスへの切替タイミングとしては、100%水素添加の場合、800℃以上であれば十分である。

3) 一方、4%水素添加の場合、若干表層ボロンの上昇傾向が見られるが、抑制効果は出ている。

以上説明したように、非高濃度にボロンがドーパされたシリコンウエハにアルゴンアニールを施した場合には、ウエハ表層におけるある一定の場所においてボロン濃度が一時的に上昇することから、この部分が形成されるタイミングに照準を合わせて、アルゴン雰囲気適宜水素雰囲気或いは「アルゴンガスと水素ガスの混合気」に切り換えることによって、前記ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図ることができる。

あるいは、低濃度にボロンがドーパされたシリコンウエハを「アルゴンガスと水素ガスの混合気」の雰囲気下で熱処理をするにあたって、当該「アルゴンガスと水素ガスの混合気」中の水素ガスの混合比を変化させることによって、前記ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図ることもできると考えられる。

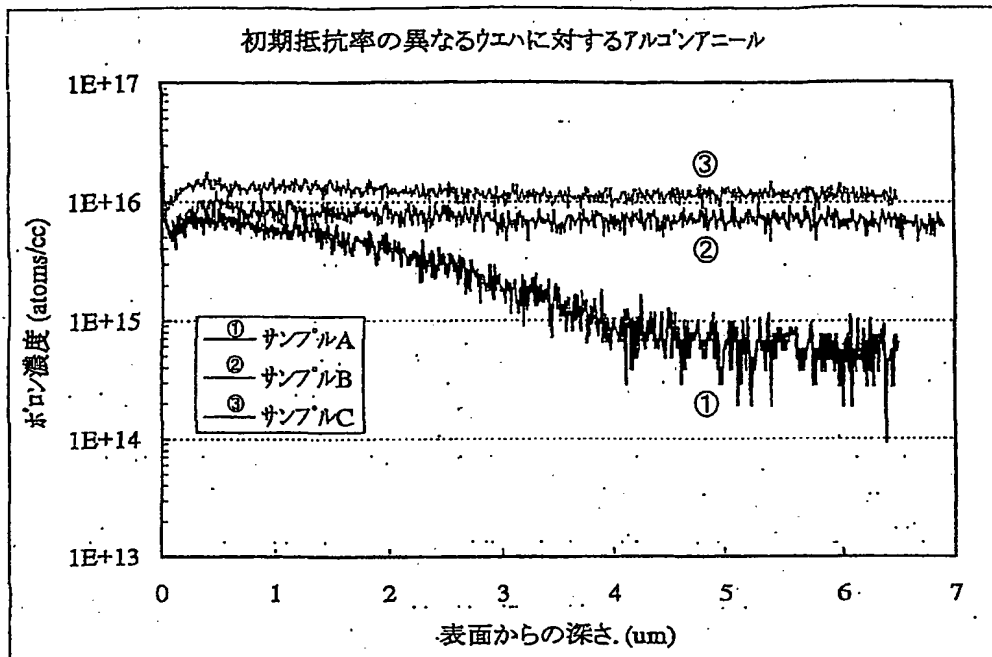
因みに、本発明を実施する際には、水素ガスによる熱処理工程を含むことから、基本的には水素アニール用の熱処理炉を使用することとなるが、「アルゴンガスと水素ガスの混合気」についてこれを爆発限界以下の濃度（4%以下の濃度）で水素ガスを含むものとすることによって、水素ガスを使用する場合に必要であった防爆構造が不要となり、熱処理炉全体の熱容量が小さくなるので、昇降温を急速に行なうことが可能な構造を備える熱処理炉仕様とすることができるようになり、これによって、アニール時間の短縮化を図ることができるようになる。

以上説明したように、本発明によれば、非高濃度にボロンがドーパされたシリコンウエハに対しても、ウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の十分な均一化を図ることができるようになる。

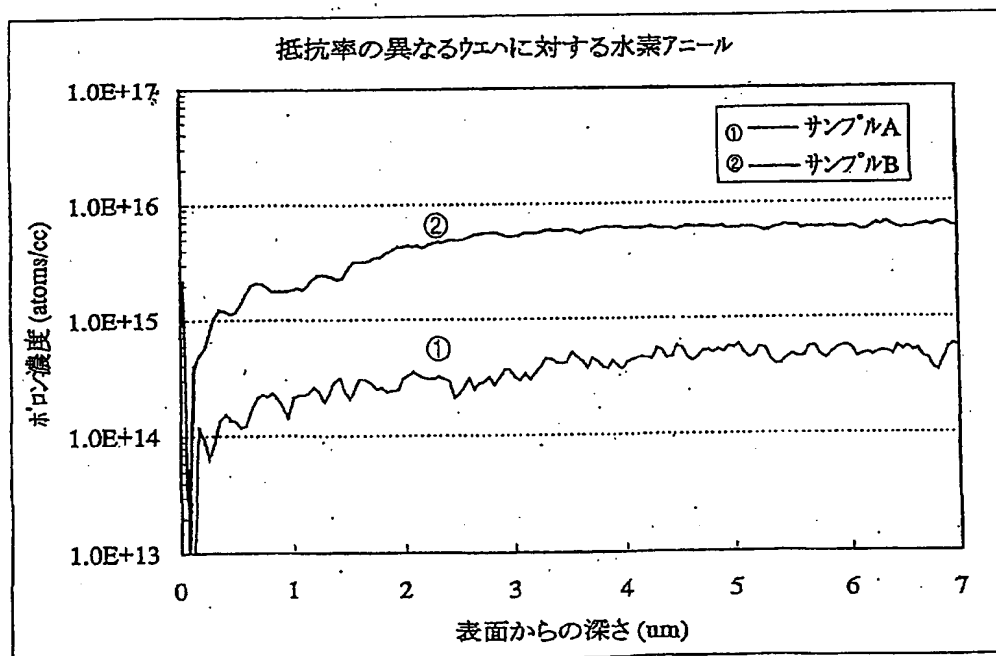
## 請 求 の 範 囲

1. ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理を行うにあたって、当該アルゴン雰囲気を適宜水素雰囲気或いはアルゴンガスと水素ガスの混合気に切り換えることによって、熱処理後のボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図る方法。
2. ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理を行うにあたって、当該熱処理の初期段階において、当該アルゴン雰囲気を適宜水素雰囲気或いはアルゴンガスと水素ガスの混合気で当該熱処理を行うことによって、当該熱処理を行う前の段階でボロン汚染されたシリコンウエハの表面より当該ボロン汚染を除去してから、その後の熱処理をアルゴン雰囲気下で行うことを特徴とするシリコンウエハの熱処理方法。
3. 前記アルゴンガスと水素ガスの混合気は爆発限界以下の濃度で水素ガスを含むアルゴンガスと水素ガスの混合気であることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項記載の方法
4. ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにするように水素ガスを添加してアルゴンアニールを行う方法。
5. シリコンウエハの表面に付着しているボロンを利用して、ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにしながら、前記ボロンドープされたシリコンウエハを非酸化性雰囲気下で熱処理をする方法。
6. ボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度をフラットにするために水素ガスもしくはアルゴンガスと水素ガスの混合気を使用する方法。
7. 前記ボロンドープされたシリコンウエハは、ボロンが非高濃度にドープされたシリコンに係るシリコンウエハである請求の範囲第1項から第6項いずれか記載の方法。
8. 前記ボロンドープされたシリコンウエハは、ボロンが非高濃度にドープされたシリコンに係るシリコンウエハであって、請求の範囲第1項から第5項いずれか記載の方法を使用することによって製造されたシリコンウエハ。
9. ボロンドープされたシリコンウエハをアルゴン雰囲気下で熱処理を行うにあたって、当該熱処理を行う前の段階においてシリコンウエハの表面がボロンで汚染された場合には、当該アルゴン雰囲気における熱処理の初期段階で水素もしくはアルゴンガスと水素ガスの混合気で熱処理を行うことによって、熱

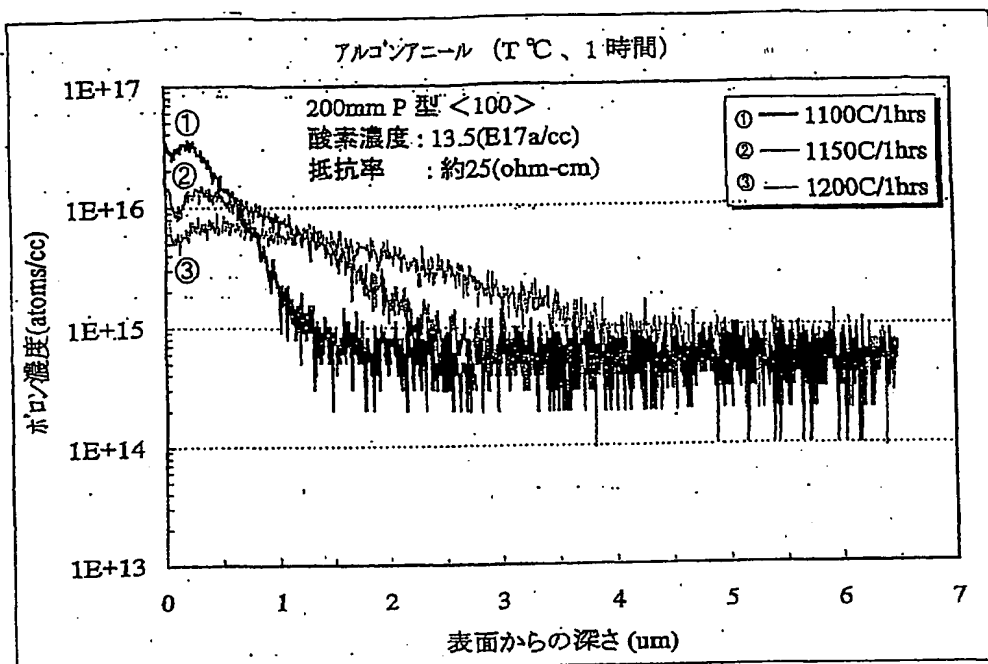
処理後のボロンドープされたシリコンウエハのウエハ表層におけるウエハ深さ方向のボロン濃度の均一化を図る方法。



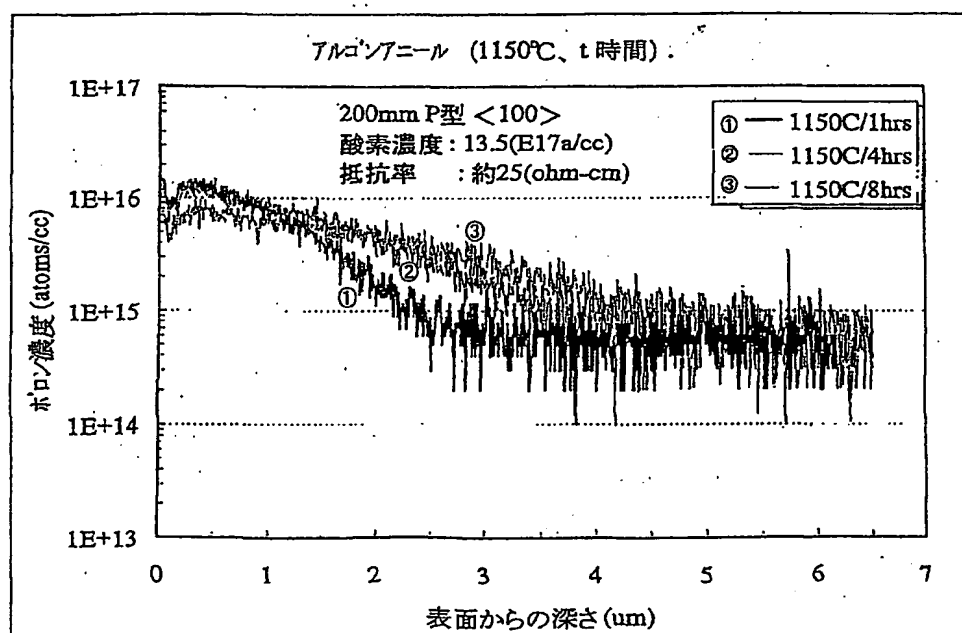
第1図



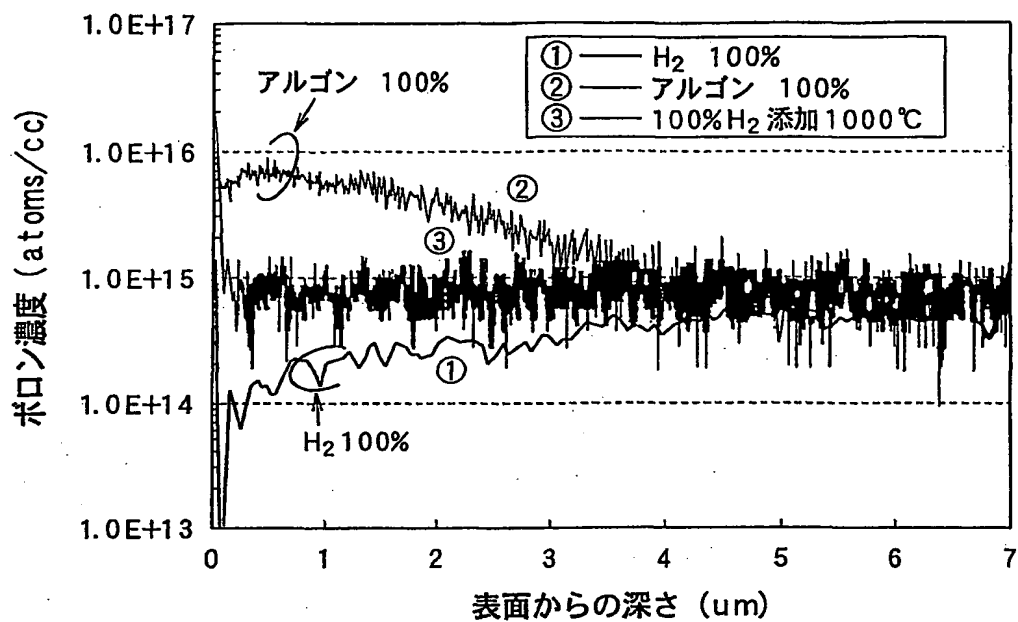
第2図



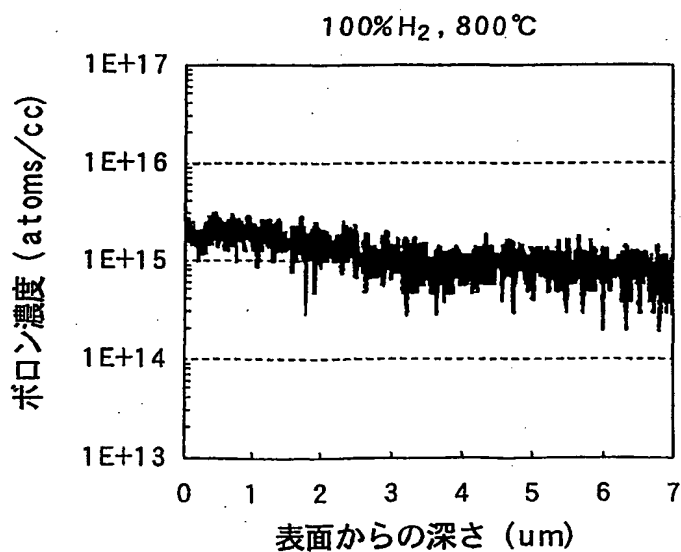
第 3 図



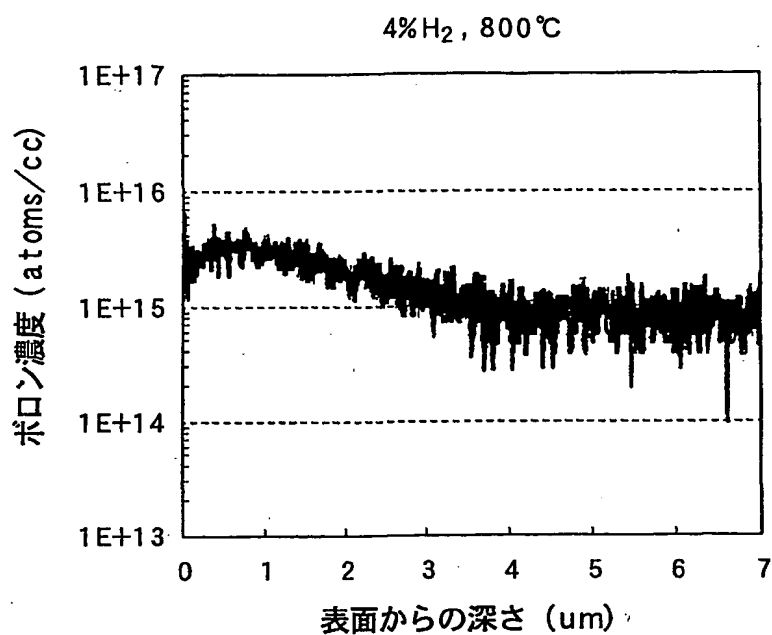
第 4 図



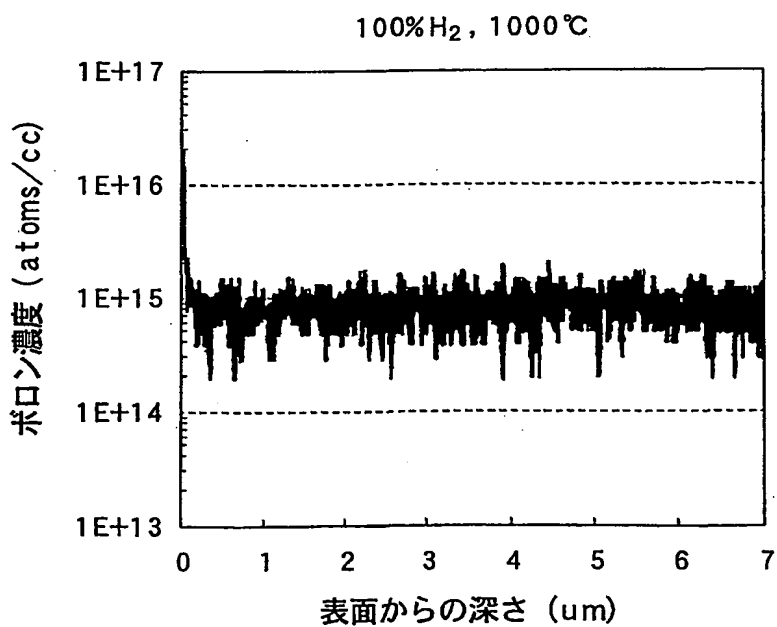
第 5 図



第 6 図

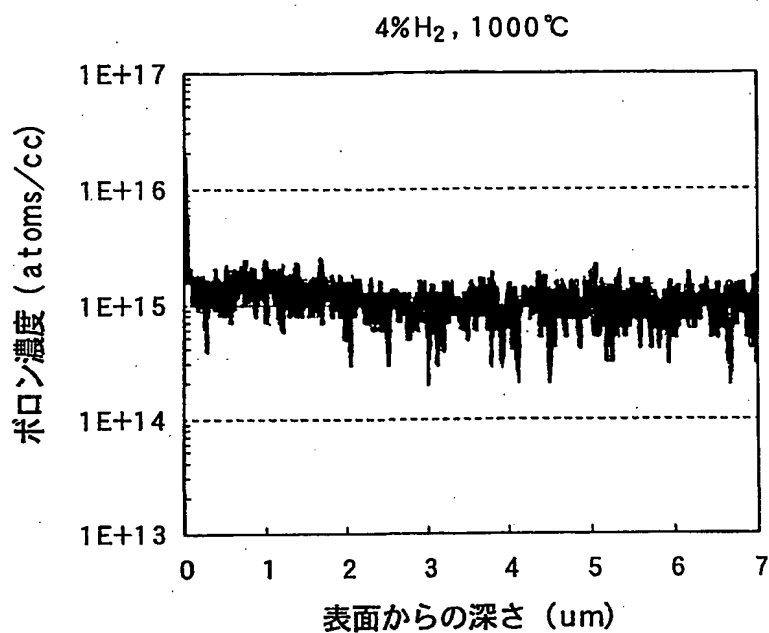


第 7 図

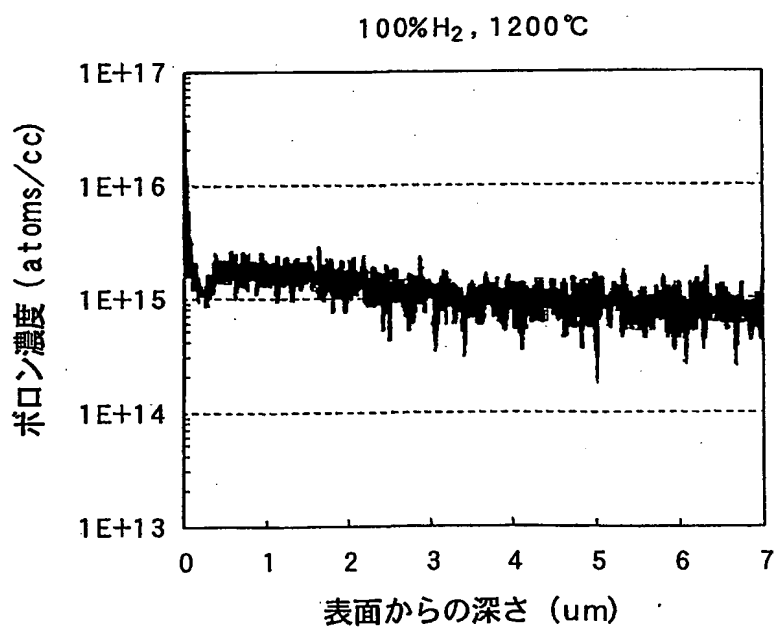


第 8 図

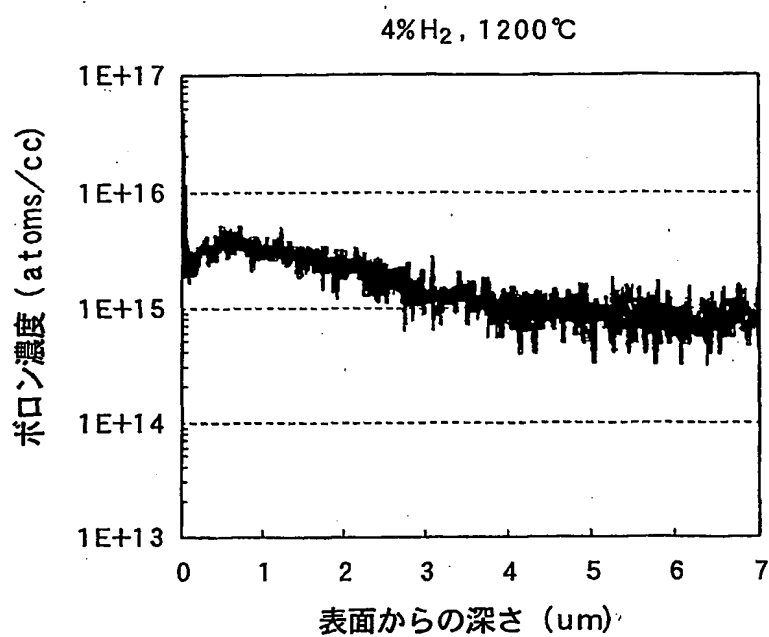




第 9 図



第 10 図



第 11 図

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.  
 PCT/JP01/11256

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/324

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

 Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326, H01L21/02, H01L21/304

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	F. A. Stevie, et al., "Boron contamination of surfaces in silicon microelectronics processing: Characterization and causes", J. Vac. Sci. Technol. A, Vol.9, No.5, 31 October, 1991 (31.10.91), Pages 2813 to 2816	1-9
Y	JP, 10-144697, A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 29 May, 1998 (29.05.98), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-9
Y	JP, 4-167433, A (Toshiba Corp.), 15 June, 1992 (15.06.92), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1, 3
Y	JP, 10-144696, A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 29 May, 1998 (29.05.98), Full text; Figs. 1, 2 (Family: none)	2, 3, 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

 Date of the actual completion of the international search  
 27 March, 2002 (27.03.02)

 Date of mailing of the international search report  
 09 April, 2002 (09.04.02)

 Name and mailing address of the ISA/  
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11256

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 2000-58552, A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 25 February, 2000 (25.02.00), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	4, 6
A	EP, 603849, A2 (Canon K.K.), 29 June, 1994 (29.06.94), Full text; Figs. 1 to 9 & JP 6-244389 A Full text; Figs. 1 to 9 & US 5763288 A & DE 69329374 E	1-9
A	JP, 10-144698, A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 29 May, 1998 (29.05.98), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-9

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/324

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326,  
H01L21/02, H01L21/304

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	F. A. Stevie, et. al. "Boron contamination of surfaces in silicon microelectronics processing: Characterization and causes" J. Vac. Sci. Technol. A, Vol. 9, No. 5, 1991. 10. 31, pp. 2813-2816	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行、日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 03. 02

国際調査報告の発送日

09.04.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号 100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

棚田 一也

4L

9835

電話番号 03-3581-1101 内線 3496

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-144697 A (東芝セラミックス株式会社) 1998. 05. 29 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1-9
Y	JP 4-167433 A (株式会社東芝) 1992. 06. 15 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1, 3
Y	JP 10-144696 A (東芝セラミックス株式会社) 1998. 05. 29 全文, 第1, 2図 (ファミリーなし)	2, 3, 9
Y	JP 2000-58552 A (東芝セラミックス株式会社) 2000. 02. 25 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	4, 6
A	EP 603849 A2 (CANON KABUSHIKI KAISHA) 1994. 06. 29 全文, 第1-9図 & JP 6-244389 A 全文, 第1-9図 & US 5763288 A & DE 69329374 E	1-9
A	JP 10-144698 A (東芝セラミックス株式会社) 1998. 05. 29 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1-9

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**